

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Sistem Distribusi 20 KV Gardu Induk Sukamerindu

Sistem distribusi yang akan dianalisis adalah gangguan hubung singkat pada saluran distribusi 20 KV Gardu Induk Sukamerindu. pada sistem distribusi Gardu Induk Sukamerindu ada 3 buah trafo distribusi, trafo I berkapasitas 15 MVA, trafo II berkapasitas 30 MVA, trafo III berkapasitas 30 MVA. pada pembahasan ini trafo yang akan dibahas adalah trafo yang melayani penyulang UNIB yaitu trafo II.

4.2. Perhitungan Impedansi Sumber

Data hubung singkat di bus sisi primer 70 kV di gardu induk Sukamerindu adalah sebesar 270.45 MVA, dari persamaan 2.1 maka impedansi sumber (X_s) adalah :

$$X_s = \frac{kV^2}{MVA}$$

$$X_s = \frac{70^2}{270.45} = 18.11 \text{ ohm (sisi primer)}$$

Dari persamaan 2.2 untuk menghitung impedansi sumber di sisi sekunder yaitu di sisi 20 KV maka :

$$X_{s(\text{sisi } 20 \text{ kV})} = \frac{kV(\text{sisi sekunder trafo})^2}{kV(\text{sisi primer trafo})^2} \times X_s (\text{sisi primer})$$

$$X_{s(\text{sisi } 20 \text{ kV})} = \frac{20^2}{70^2} \times 18.11 = 1.47 \text{ Ohm (sisi sekunder)}$$

4.3. Perhitungan Reaktansi Transformator

Besarnya reaktansi trafo tenaga di gardu induk Sukamerindu adalah 11.910 %, agar dapat mengetahui besarnya nilai reaktansi urutan positif, negatif dan

reaktansi urutan nol dalam ohm, maka perlu dihitung dulu besar nilai ohm pada 100% nya yaitu :

$$X_t(\text{pada } 100\%) = \frac{20^2}{30} = 13.33 \text{ ohm}$$

Nilai reaktansi trafo tenaga :

- Reaktansi urutan positif, negatif ($X_{t1} = X_{t2}$)

$$X_t = 11.910 \% \times 13.33 \Omega$$

$$X_t = 1.58 \Omega \text{ (untuk urutan positif dan negatif)}$$

- Reaktansi urutan Nol (X_{t0})

$$X_{t0} = 3 \times X_t$$

$$X_{t0} = 3 \times 1.58 = 4.74 \text{ ohm}$$

4.4. Perhitungan Impedansi Penyulang

Perhitungan impedansi pada saluran distribusi sesuai dengan panjang saluran distribusi. Impedansi saluran distribusi antara lain terdiri dari impedansi urutan positif, impedansi urutan negatif, dan impedansi urutan nol. dengan menggunakan persamaan 2.4, 2.5, dapat dihitung untuk penyulang UNIB sebagai berikut.

$$\text{Impedansi Penyulang} = \text{panjang penyulang} \times Z/\text{Km}$$

Simulasi lokasi gangguan terdiri dari :

25% , 50% , 75% , 100% \times panjang penyulang.

Impedansi urutan positif, Impedansi urutan negatif = $(0.00 + j1.59) \Omega/\text{Km}$

Impedansi urutan nol = $(120.00 + j4.76) \Omega/\text{Km}$

Panjang penyulang = 59.35 Km

jadi perhitungan impedansi pada saluran distribusi untuk urutan positif dan urutan negatif dapat dihitung :

$$25 \% = 0.25 \times 59.35 \text{ Km} \times (0.00 + j1.59) \Omega/\text{Km} = (14.83 + j23.59) \Omega$$

$$50 \% = 0.50 \times 59.35 \text{ Km} \times (0.00 + j1.59) \Omega/\text{Km} = (29.67 + j47.18) \Omega$$

$$75 \% = 0.75 \times 59.35 \text{ Km} \times (0.00 + j1.59) \Omega/\text{Km} = (45.51 + j70.77) \Omega$$

$$100 \% = 1.00 \times 59.35 \text{ Km} \times (0.00 + j1.59) \Omega/\text{Km} = (59.35 + j94.36) \Omega$$

Dengan demikian nilai impedansi penyulang untuk lokasi gangguan dengan jarak 25%,50%,75%, dan 100% panjang penyulang sebagai berikut :

Tabel 4.1 Impedansi penyulang urutan positif & negatif

(% Panjang)	Impedansi Penyulang (Z_1 & Z_2)
25	$(14.83 + j23.59) \Omega$
50	$(29.67 + j47.18) \Omega$
75	$(45.51 + j70.77) \Omega$
100	$(59.35 + j94.36) \Omega$

Sedangkan perhitungan untuk impedansi urutan nol adalah :

$$25 \% = 0.25 \times 59.35 \text{ Km} \times (120.00 + j4.76) \Omega/\text{Km} = (1.78 + j70.62) \Omega$$

$$50 \% = 0.50 \times 59.35 \text{ Km} \times (120.00 + j4.76) \Omega/\text{Km} = (3.56 + j141.25) \Omega$$

$$75 \% = 0.75 \times 59.35 \text{ Km} \times (120.00 + j4.76) \Omega/\text{Km} = (5.34 + j211.87) \Omega$$

$$100 \% = 1.00 \times 59.35 \text{ Km} \times (120.00 + j4.76) \Omega/\text{Km} = (7.12 + j282.50) \Omega$$

Tabel 4.2 Impedansi penyulang urutan nol

(% Panjang)	Impedansi Penyulang (Z_0)
25	$(1.78 + j70.62) \Omega$
50	$(3.56 + j141.25) \Omega$
75	$(5.34 + j211.87) \Omega$
100	$(7.12 + j282.50) \Omega$

4.5. Perhitungan Impedansi Ekivalen Jaringan

Dengan menggunakan persamaan 2.7 maka didapat impedansi ekivalen, $Z_{1 \text{ eki}}$ dan $Z_{2 \text{ eki}}$ dan langsung dapat dihitung sesuai dengan titik lokasi gangguan dengan menjumlahkan $Z_s + Z_T + Z_L$

$$\begin{aligned} Z_{1 \text{ eki}} &= Z_{2 \text{ eki}} = Z_{s1} + Z_{t1} + Z_{1 \text{ penyulang}} \\ &= j1.47 + j1.58 + Z_{1 \text{ penyulang}} \\ &= j3.05 + Z_{1 \text{ penyulang}} \end{aligned}$$

$$25 \% \quad j3.05 + (14.83 + j23.59) \Omega = (14.83 + j26.64) \Omega$$

$$50 \% \quad j3.05 + (29.67 + j47.18) \Omega = (29.67 + j50.23) \Omega$$

$$75 \% \quad j3.05 + (44.51 + j70.77) \Omega = (44.51 + j73.82) \Omega$$

$$100 \% \quad j3.05 + (59.35 + j94.36) \Omega = (59.35 + j97.41) \Omega$$

Tabel 4.3 Impedansi $Z_{1\text{ eki}}$ & $Z_{2\text{ eki}}$

(% Panjang)	Impedansi $Z_{1\text{ eki}}$ & $Z_{2\text{ eki}}$
25	$(14.83 + j26.64) \Omega$
50	$(29.67 + j50.23) \Omega$
75	$(44.51 + j73.82) \Omega$
100	$(59.35 + j97.41) \Omega$

Sedangkan untuk perhitungan $Z_{0\text{ eki}}$ berdasarkan pada sistem pentanahan netral sistem pasokan dari Gardu Induk.

Pentanahan tahanan 20 KV = 40 Ω

Z_0 dihitung mulai dari trafo yang diketanahkan, tahanan netral nilai 3 R_N dan impedansi penyulang, dari persamaan 2.8 dapat dihitung untuk $Z_{0\text{ eki}}$:

$$Z_{0\text{ penyulang}} = \% \text{ panjang} \times Z_{0\text{ total}}$$

$$Z_{0\text{ eki}} = Z_{t0} + 3 R_N + Z_{0\text{ penyulang}}$$

$$= j4.74 + 3 \times 40 + Z_{0\text{ penyulang}}$$

$$Z_{0\text{ eki}} = j4.74 + 120 + Z_{0\text{ penyulang}}$$

$$25 \% \quad j4.74 + 120 + (1.78 + j70.62) \Omega = (121.78 + j75.36) \Omega$$

$$50 \% \quad j4.74 + 120 + (3.56 + j141.25) \Omega = (123.56 + j145.99) \Omega$$

$$75 \% \quad j4.74 + 120 + (5.34 + j211.87) \Omega = (125.34 + j216.61) \Omega$$

$$100 \% \quad j4.74 + 120 + (7.12 + j282.50) \Omega = (127.12 + j287.24) \Omega$$

Tabel 4.4 Impedansi Ekiivalen $Z_{0\text{ eki}}$

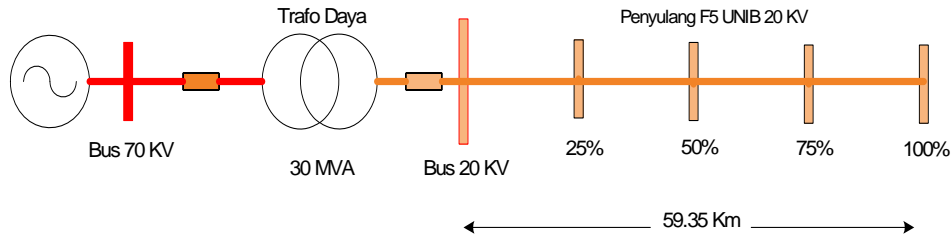
(% Panjang)	Impedansi $Z_{0\text{ eki}}$
25	$(121.78 + j75.36) \Omega$
50	$(123.56 + j145.99) \Omega$
75	$(125.34 + j216.61) \Omega$
100	$(127.12 + j287.24) \Omega$

4.6. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat.

4.6.1. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke tanah.

Kemungkinan terjadinya gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah adalah karena adanya hubung singkat antar tiang kesalah satu kawat transmisi dan

distribusi. Sesaat setelah tiang tersambar petir yang besar walaupun tahanan kaki tiangnya cukup rendah namun bisa juga karena gangguan fasa ke tanah ini terjadi sewaktu salah satu kawat fasa transmisi atau distribusi tersentuh pohon yang cukup tinggi, dll. Perhitungan gangguan hubung singkat ini dapat dihitung berdasarkan panjang penyulang, titik gangguan dihitung mulai dari 25%, 50%, 75%, 100% panjang penyulang, seperti terlihat pada gambar 4.1 dibawah ini :



Gambar 4.1 Penyulang F5 UNIB

Berdasarkan persamaan 2.9 untuk gangguan 1 fasa ke tanah dapat dihitung :

$$I = \frac{V}{Z}$$

Dimana :

$$V = 3 \times \text{tegangan fasa - netral}$$

$$Z = \text{impedansi } (Z_1 + Z_2 + Z_0)_{\text{ekivalen}}$$

Jadi untuk perhitungan gangguan 1 fasa ke tanah untuk titik gangguan panjang penyulang 25% sebagai berikut :

$$I = \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{(14.83+j26.64)+(14.83+j26.64)+ (121.78+j75.36)}$$

$$I = \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{(29.66+j53.28)+ (121.78+j75.36)}$$

$$I = \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{151.44 + j128.64} = \frac{34641.01}{198.70 \angle 40.34} = 174.33 \angle 40.34 \text{ Ampere}$$

titik gangguan panjang penyulang 50% :

$$I = \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{(29.67+j50.23)+(29.67+j50.23) + (123.56+j145.99)}$$

$$I = \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{(59.34 + j100.46) + (123.56+j145.99)}$$

$$I = \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{182.9 + j246.45} = \frac{34641.01}{306.90 \angle 53.41} = 112.87 \angle 53.41 \text{ Ampere}$$

titik gangguan panjang penyulang 75% :

$$I = \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{(44.51+j73.82)+(44.51+j73.82)+ (125.34+j216.61)}$$

$$I = \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{(89.02+j147.64)+ (125.34+j216.61)}$$

$$I = \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{214.36 + j364.25} = \frac{34641.01}{422.64 \angle 59.52} = 81.96 \angle 59.52 \text{ Ampere}$$

titik gangguan panjang penyulang 100% :

$$I = \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{(59.35+j97.41) +(59.35+j97.41)+ (127.12+j287.24)}$$

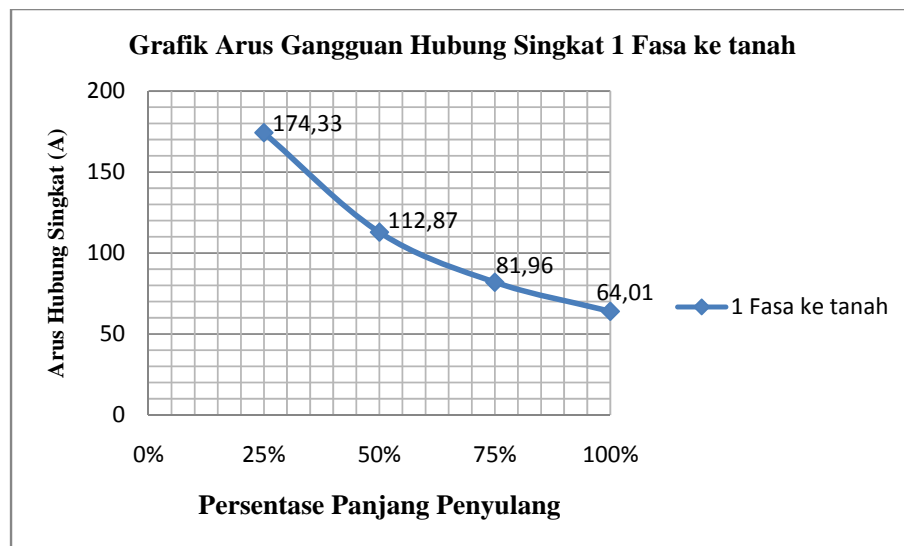
$$I = \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{(118.7 + j194.82)+ (127.12+j287.24)}$$

$$I = \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{245.82 + j482.06} = \frac{34641.01}{541.11 \angle 62.98} = 64.01 \angle 62.98 \text{ Ampere}$$

Tabel 4.5 Arus Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke tanah

(% Panjang)	Arus Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke tanah
25%	174.33∠40.34 Ampere
50%	112.87∠53.41 Ampere
75%	81.96∠59.52 Ampere
100%	64.01∠62.98 Ampere

Dari Tabel 4.5 dapat digambarkan grafik untuk gangguan arus hubung singkat 1 fasa ke tanah seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Grafik Arus Gangguan Hubung Singkat 1 fasa ke tanah

4.6.2. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Fasa – Fasa

Kemungkinan terjadinya gangguan hubung singkat fasa-fasa disebabkan oleh putusnya kawat fasa tengah pada transmisi atau distribusi. Kemungkinan lainnya adalah dari rusaknya isolator di transmisi atau distribusi sekaligus fasa-fasa. Berdasarkan persamaan 2.10 untuk gangguan fasa-fasa dapat dihitung :

$$I = \frac{V}{Z}$$

Dimana :

V = tegangan fasa – fasa

Z = impedansi ($Z_1 + Z_2$)_{ekivalen}

Jadi untuk perhitungan gangguan fasa - fasa titik gangguan panjang penyulang 25% sebagai berikut :

$$I = \frac{20000}{(14.83 + j26.64) + (14.83 + j26.64)}$$

$$I = \frac{20000}{29.66 + j53.28} = \frac{20000}{60.97 \angle 60.89} = 328.03 \angle 60.89 \text{ Ampere}$$

titik gangguan panjang penyulang 50% :

$$I = \frac{20000}{(29.67 + j50.23) + (29.67 + j50.23)}$$

$$I = \frac{20000}{59.34 + j100.46} = \frac{20000}{116.67 \angle 59.43} = 171.42 \angle 59.43 \text{ Ampere}$$

titik gangguan panjang penyulang 75% :

$$I = \frac{20000}{(44.51 + j73.82) + (44.51 + j73.82)} =$$

$$I = \frac{20000}{89.02 + j147.64} = \frac{20000}{172.40 \angle 58.91} = 116 \angle 58.91 \text{ Ampere}$$

titik gangguan panjang penyulang 100% :

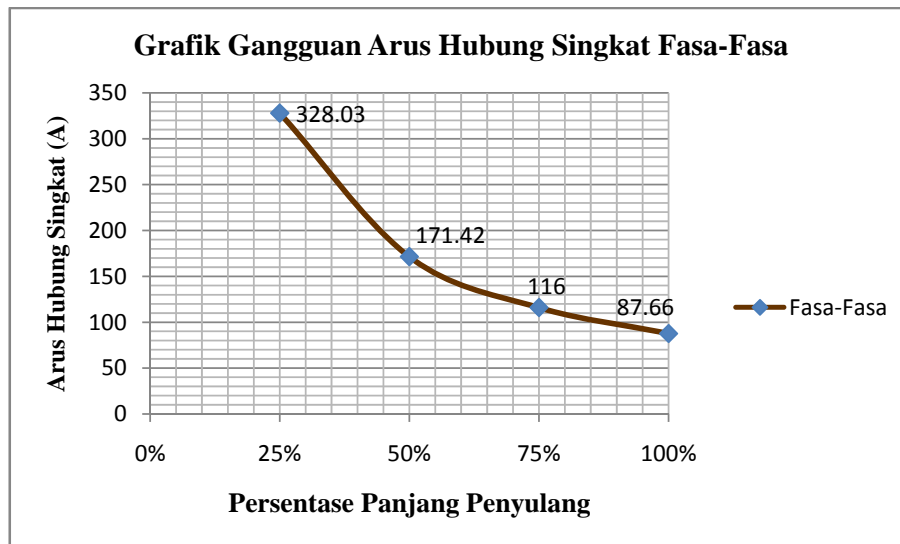
$$I = \frac{20000}{(59.35 + j97.41) + (59.35 + j97.41)}$$

$$I = \frac{20000}{118.7 + j194.82} = \frac{20000}{228.13 \angle 58.64} = 87.66 \angle 58.64$$

Tabel 4.6 Arus Gangguan Hubung Singkat Fasa-Fasa

(% Panjang)	Arus Gangguan Hubung Singkat Fasa-Fasa
25%	328.03 $\angle 60.89$ Ampere
50%	171.42 $\angle 59.43$ Ampere
75%	116 $\angle 58.91$ Ampere
100%	87.66 $\angle 58.64$ Ampere

Dari Tabel 4.6 dapat digambarkan grafik untuk gangguan arus hubung singkat fasa-fasa, seperti pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Grafik Gangguan Hubung Singkat Fasa-Fasa

4.6.3. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa

Berdasarkan persamaan 2.11 untuk gangguan 3 fasa dapat dihitung :

$$I = \frac{V}{Z}$$

Dimana :

V = tegangan fasa – netral

Z = impedansi Z_{ekivalen}

Jadi untuk perhitungan gangguan 3 fasa titik gangguan panjang penyulang 25% sebagai berikut :

$$I = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{14.83 + j26.64} = \frac{11547}{30.48 \angle 60.89} = 378.83 \angle 60.89 \text{ Ampere}$$

titik gangguan panjang penyulang 50% :

$$I = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{29.67 + j50.23} = \frac{11547}{58.33 \angle 59.43} = 197.95 \angle 59.43 \text{ Ampere}$$

titik gangguan panjang penyulang 75% :

$$I = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{44.51 + j73.82} = \frac{11547}{86.20 \angle 58.91} = 133.95 \angle 58.91 \text{ Ampere}$$

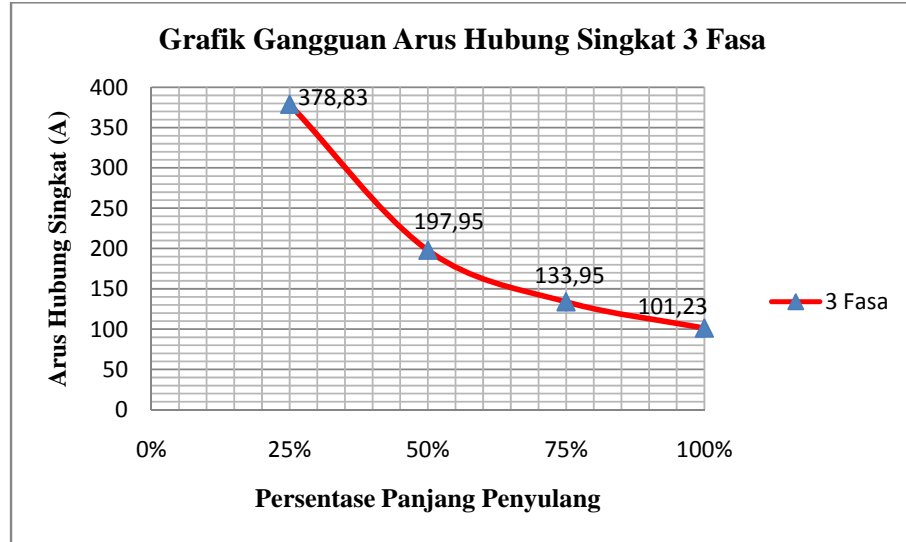
titik gangguan panjang penyulang 100% :

$$I = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{59.35 + j97.41} = \frac{11547}{114.06 \angle 58.64} = 101.23 \angle 58.64 \text{ Ampere}$$

Tabel 4.7 Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa

(% Panjang)	Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa
25%	378.83 \angle 60.89 Ampere
50%	197.95 \angle 59.43 Ampere
75%	133.95 \angle 58.91 Ampere
100%	101.23 \angle 58.64 Ampere

Dari Tabel 4.7 dapat digambarkan grafik untuk gangguan arus hubung singkat 3 fasa, seperti pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik Gangguan Arus Hubung Singkat 3 Fasa

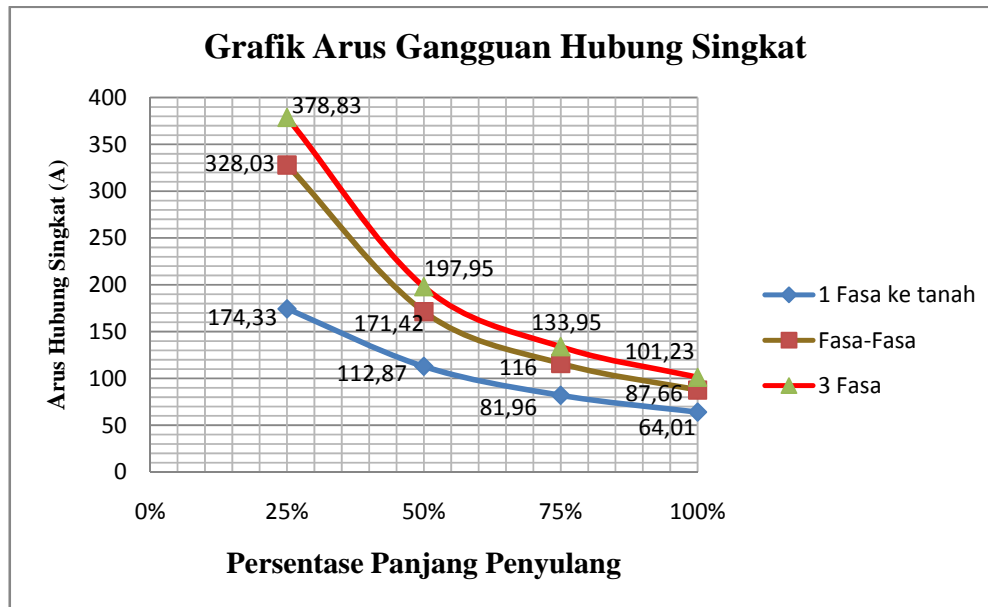
Dari hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat ini (1 fasa ke tanah, fasa-fasa dan 3 fasa) maka dapat dibuat suatu perbandingan besarnya arus gangguan terhadap titik gangguan (lokasi gangguan pada penyulang yang dinyatakan dalam %) seperti pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat

Panjang Penyulang (%)	Jarak (Km)	Arus Hubung Singkat (A)		
		1 fasa ke tanah	fasa-fasa	3 fasa
25	14.83	174.33 \angle 40.34	328.03 \angle 60.89	378.83 \angle 60.89
50	29.67	112.87 \angle 53.41	171.42 \angle 59.43	197.95 \angle 59.43
75	44.51	81.96 \angle 59.52	116 \angle 58.91	133.95 \angle 58.91
100	59.35	64.01 \angle 62.98	87.66 \angle 58.64	101.23 \angle 58.64

Dari Tabel 4.8 dapat dilihat bahwa besarnya arus gangguan hubung singkat dipengaruhi oleh jarak titik gangguannya, semakin jauh jarak titik gangguan maka akan semakin kecil gangguan arus hubung singkatnya begitu juga sebaliknya, semakin dekat jarak titik gangguan maka arus gangguan hubung singkat semakin besar. ini disebabkan karena semakin besar nilai impedansi ekivalen (tahanan

gangguan) maka nilai arus gangguan hubung singkat akan semakin kecil, dan semakin dekat jarak titik lokasi gangguan maka arus gangguan hubung singkat akan semakin besar, ini disebabkan karena adanya konfigurasi belitan transformator tenaga yang mempengaruhi nilai tahanan gangguan. Dari Tabel 4.8 dapat digambarkan grafik perbandingan antara arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah, arus gangguan hubung singkat fasa-fasa, dan arus gangguan hubung singkat 3 fasa seperti pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik perbandingan antara arus gangguan hubung singkat

4.7. Perhitungan Kedip Tegangan.

4.7.1. Perhitungan Kedip Tegangan Untuk Gangguan 3 Fasa

Setelah didapatkan besarnya arus gangguan hubung singkat yang terjadi di penyulang dengan titik gangguan 25%, 50%, 75% dan 100% maka kedip tegangan untuk gangguan 3 fasa dapat dihitung.

Jika diperoleh $I_{f3\phi}$ titik gangguan 25% = $378.83 \times \sqrt{3}$

$$Z = R + jX = (14.83 + j26.64) \Omega$$

Maka perhitungan kedip tegangan dititik gangguan 25% adalah :

$$V = \sqrt{((25\% \times 14.83)^2 + (25\% \times 26.64)^2)} \times 378.83 \times \sqrt{3} = 4994.19 \text{ Volt}$$

Jika diperoleh $I_{f3\phi}$ titik gangguan 50% = $197.95 \times \sqrt{3}$

$$Z = R + jX = (29.67 + j50.23) \Omega$$

Maka perhitungan kedip tegangan dititik gangguan 50% adalah :

$$V = \sqrt{((50\% \times 29.67)^2 + (50\% \times 50.23)^2)} \times 197.95 \times \sqrt{3} = 9997.77 \text{ Volt}$$

Jika diperoleh $I_{f3\phi}$ titik gangguan 75% = $133.95 \times \sqrt{3}$

$$Z = R + jX = (44.51 + j73.82) \Omega$$

Maka perhitungan kedip tegangan dititik gangguan 75% adalah :

$$V = \sqrt{((75\% \times 44.51)^2 + (75\% \times 73.82)^2)} \times 133.95 \times \sqrt{3} = 14996.99 \text{ Volt}$$

Jika diperoleh $I_{f3\phi}$ titik gangguan 100% = $101.23 \times \sqrt{3}$

$$Z = R + jX = (59.35 + j97.41) \Omega$$

Maka perhitungan kedip tegangan dititik gangguan 100% adalah :

$$V = \sqrt{((100\% \times 59.35)^2 + (100\% \times 97.41)^2)} \times 101.23 \times \sqrt{3} = 19998.76 \text{ Volt}$$

4.7.2. Perhitungan Kedip Tegangan Untuk Gangguan Fasa-Fasa

Jika diperoleh $I_{f2\phi}$ titik gangguan 25% = $328.03 \angle 60.89$ Ampere

$$Z = R + jX = (14.83 + j26.64) \Omega$$

$$= 30.48 \angle 60.89$$

1. Tegangan urutan positif pada saat terjadi gangguan 2 fasa

$$\begin{aligned} V_{1\text{riel}} &= \left(\frac{20000}{\sqrt{3}} \right) - [(328.03 \times 25\% \times 30.48 \times \cos(60.89 + 60.89)) \\ &= 12863.43 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{1\text{imj}} &= 0 - (328.03 \times 30.48 \times 25\% \times \sin(60.89 + 60.89)) \\ &= -8499.36 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_1 &= \sqrt{(12863.43)^2 + (-8499.36)^2} \angle \arctan(-8499.36 / 12863.43) \\ &= 96550.50 \angle -33^\circ \text{ Volt} \end{aligned}$$

2. Tegangan urutan negatif pada saat terjadi gangguan 2 fasa

$$V_{2\text{riel}} = \left(\frac{20000}{\sqrt{3}} \right) - [(328.03 \times 25\% \times 30.48 \times \cos(60.89 + 60.89)) \\ = 12863.43 \text{ Volt}$$

$$V_{2\text{imj}} = \left(\frac{20000}{\sqrt{3}} \right) - [(328.03 \times 25\% \times 30.48 \times \sin(60.89 + 60.89)) \\ = 9422.16 \text{ Volt}$$

$$V_2 = \sqrt{(12863.43)^2 + (9422.16)^2} \angle \arctan(9422.16 / 12863.43) \\ = 15945.05 \angle 36^\circ \text{ Volt}$$

Jadi tegangan tiap-tiap fasa pada saat terjadi gangguan :

1. Fasa R

$$V_R = (V_{1\text{riel}} + V_{2\text{riel}}) + j(V_{1\text{imj}} + V_{2\text{imj}}) \\ = (12863.43 + 9422.16) + j(-8499.36 + 9422.16) \\ = 25726.86 + j-922.8 \\ = 25743.40 \angle 2.05^\circ \text{ Volt}$$

2. Fasa S

$$V_S = [(V_1 \cos(240^\circ + -33^\circ) + V_2 \cos(120^\circ + 36^\circ)) + \\ j[(V_1 \sin(240^\circ + -33^\circ) + V_2 \sin(120^\circ + 36^\circ))] \\ = [(96550.50 \cos(240^\circ + -33^\circ) + 15945.05 \cos(120^\circ + 36^\circ)) + \\ j[(96550.50 \sin(240^\circ + -33^\circ) + 15945.05 \sin(120^\circ + 36^\circ))] \\ = -23169.63 + j2102.16 \\ = 23264.79 \angle 174^\circ \text{ Volt}$$

3. Fasa T

$$V_T = [(V_1 \cos(120^\circ + -33^\circ) + V_2 \cos(240^\circ + 36^\circ)) + \\ j[(V_1 \sin(120^\circ + -33^\circ) + V_2 \sin(240^\circ + 36^\circ))] \\ = [(96550.50 \cos(120^\circ + -33^\circ) + 15945.05 \cos(240^\circ + 36^\circ)) + \\ j[(96550.50 \sin(120^\circ + -33^\circ) + 15945.05 \sin(240^\circ + 36^\circ))] \\ = -14061.2 + j 16127.39 \\ = 21396.49 \angle 131^\circ \text{ Volt}$$

Jadi kedip tegangan untuk gangguan 2 fasa S dan T adalah :

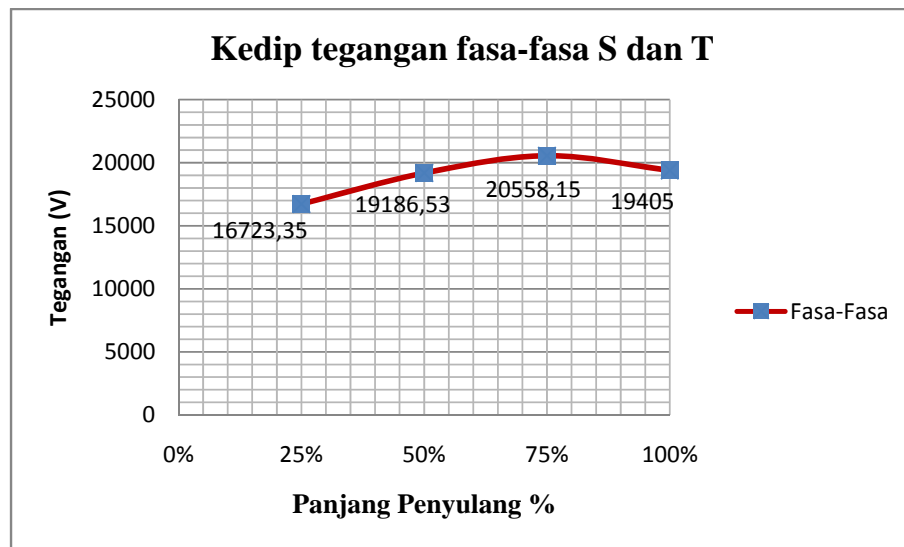
$$\begin{aligned}
 V_{2\text{Fasa}} &= \sqrt{(V_{\text{Sri}} - V_{\text{Trie}})^2 + (V_{\text{Sim}} - V_{\text{Tij}})^2} \\
 &\quad \angle \arctan (V_{\text{Sim}} - V_{\text{Tij}}) / (V_{\text{Sri}} - V_{\text{Trie}}) \\
 &= \sqrt{(-23169.63 - -14061.2)^2 + (2102.16 - 16127.39)^2} \\
 &= \angle \arctan (2102.16 - 16127.39) / (-23169.63 - -14061.2) \\
 &= 16723.35 \angle 56 \text{ Volt}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapat kedip tegangan untuk gangguan 2 fasa S dan T pada masing-masing lokasi titik gangguan 25%, 50%, 75%, dan 100% sebagai berikut :

Tabel 4.9 kedip tegangan untuk gangguan 2 fasa S dan T

Lokasi Gangguan (%)	Kedip Tegangan (V)	sudut
25%	16723.35	$\angle 56$
50%	19186.53	$\angle 67$
75%	20558.15	$\angle -22$
100%	19405	$\angle 50$

Dari Tabel 4.9 perhitungan kedip tegangan 2 fasa S dan T, maka dapat dibuat grafik seperti pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. kedip tegangan 2 fasa S dan T

4.7.3. Perhitungan Kedip Tegangan Untuk Gangguan 1 Fasa ke tanah

Jika diperoleh $I_{f1\phi}$ titik gangguan 25% = 174.33 \angle 40.34 Ampere

$$Z = R + jX = (14.83 + j26.64) \Omega$$

$$= 30.48 \angle 60.89$$

$$Z_0 = R + jX = (121.12 + j287.24) \Omega$$

$$= 311.73 \angle 67.13$$

1. Tegangan urutan positif pada saat terjadi gangguan 1 fasa

$$\begin{aligned} V_{1\text{riel}} &= (20000/3) - (174.33 / 3 \times 25\% \times 30.48 \times \cos(40.34 + 60.89)) \\ &= 6752.90 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{1\text{imj}} &= 0 - (174.33 / 3 \times 25\% \times 30.48 \times \sin(40.34 + 60.89)) \\ &= -434.32 \text{ Volt} \end{aligned}$$

2. Tegangan urutan negatif pada saat terjadi gangguan 1 fasa

$$\begin{aligned} V_{2\text{riel}} &= 0 - (174.33 / 3 \times 25\% \times 30.48 \times \cos(40.34 + 60.89)) \\ &= 86.23 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{2\text{imj}} &= 0 - (174.33 / 3 \times 25\% \times 30.48 \times \sin(40.34 + 60.89)) \\ &= -434.32 \text{ Volt} \end{aligned}$$

3. Tegangan urutan nol pada saat terjadi gangguan 1 fasa

$$\begin{aligned} V_{0\text{riel}} &= 0 - (174.33 / 3 \times 25\% \times 311.73 \times \cos(40.34 + 67.13)) \\ &= 1359.53 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{0\text{imj}} &= 0 - (174.33 / 3 \times 25\% \times 311.73 \times \sin(40.34 + 67.13)) \\ &= -4319.76 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Jadi tegangan Urutan nol pada saat terjadi gangguan :

$$\begin{aligned} V_{0\text{riel}} &= V_{1\text{riel}} + V_{2\text{riel}} + V_{0\text{riel}} \\ &= 6752.90 + 86.23 + 1359.53 \\ &= 8198.66 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{0\text{imj}} &= V_{1\text{imj}} + V_{2\text{imj}} + V_{0\text{imj}} \\ &= -434.32 + -434.32 + -4319.76 \\ &= -5188.4 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$V_0 = \sqrt{(V_{0\text{riel}})^2 + (V_{0\text{imj}})^2} \angle \arctan (V_{0\text{imj}} / V_{0\text{riel}})$$

$$V_0 = \sqrt{(8198.66)^2 + (-5188.4)^2} \angle \arctan(-5188.4 / 8198.66)$$

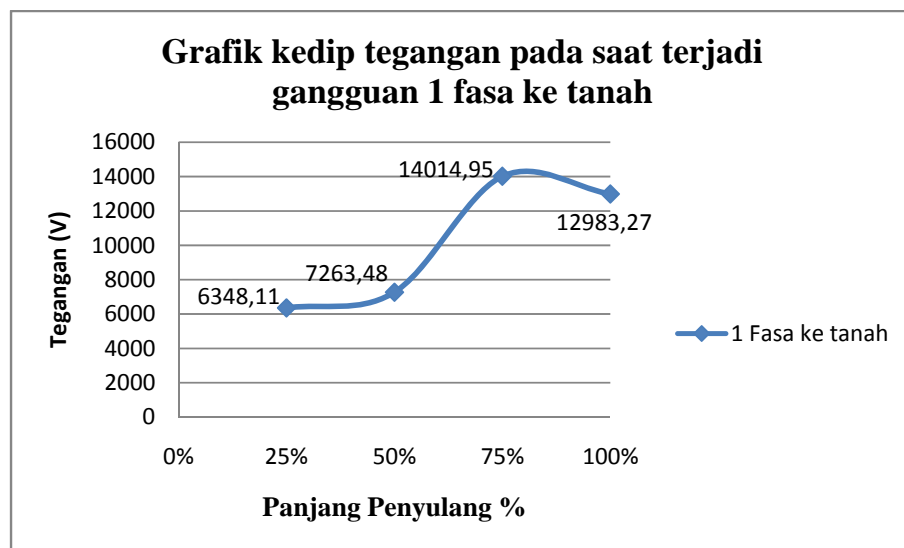
$$V_0 = 6348.11 \angle -32 \text{ Volt}$$

Dari hasil perhitungan didapat kedip tegangan untuk gangguan 1 fasa ke tanah pada masing-masing lokasi titik gangguan 25%, 50%, 75%, dan 100% sebagai berikut :

Tabel 4.10 kedip tegangan untuk gangguan 1 Fasa ke tanah

Lokasi Gangguan (%)	Kedip Tegangan(V)	sudut
25%	6348.11	$\angle -32$
50%	7263.48	$\angle -31$
75%	14014.95	$\angle -25$
100%	12983.27	$\angle -30$

Dari Tabel 4.10 perhitungan kedip tegangan 1 fasa ke tanah, maka dapat dibuat grafik seperti pada Gambar 4.7.



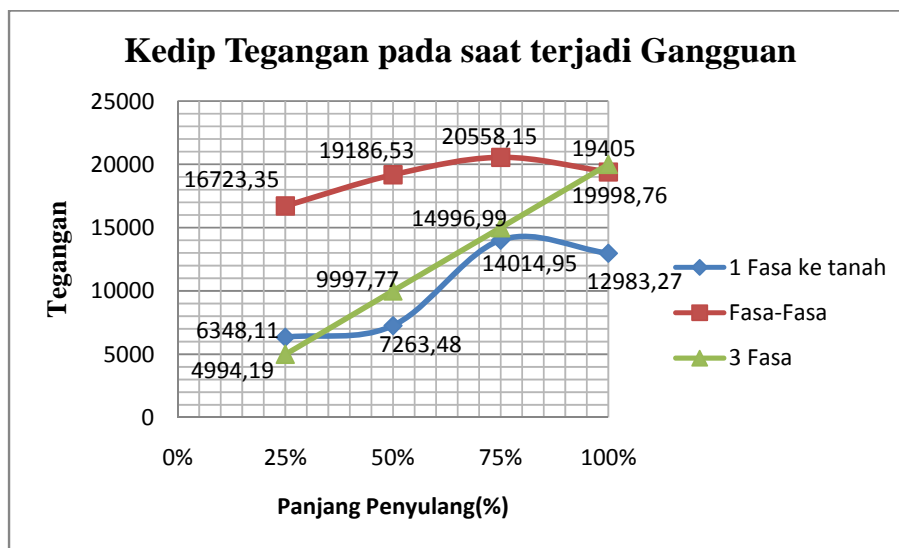
Gambar 4.7 Kedip tegangan 1 fasa ke tanah

Dari hasil perhitungan gangguan kedip tegangan ini (1 fasa ke tanah, fasa-fasa dan 3 fasa) maka dapat dibuat suatu perbandingan besarnya kedip tegangan terhadap titik gangguan (lokasi gangguan pada penyulang yang dinyatakan dalam %) seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 4.11 kedip tegangan untuk semua gangguan

Lokasi Gangguan (%)	Kedip Tegangan 3 Fasa	Kedip Tegangan Fasa-Fasa		Kedip Tegangan 1 Fasa ke tanah	
	V	V	$\angle \theta$	V	$\angle \theta$
25%	4994.19	16723.35	56	6348.11	-32
50%	9997.77	19186.53	67	7263.48	-31
75%	14996.99	20558.15	-22	14014.95	-25
100%	19998.76	19405	50	12983.27	-30

Dari Tabel 4.11 maka dapat dibuat grafik untuk perbandingan kedip tegangan 1 fasa ketanah, fasa-fasa, dan 3 fasa seperti pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Kurva Arus Gangguan Hubung Singkat

BAB 5

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis dan perhitungan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari perhitungan diperoleh arus gangguan hubung singkat untuk gangguan 1 fasa ke tanah titik gangguan 100% adalah 64.01.45 \angle 62.98 A, untuk gangguan hubung singkat fasa-fasa titik gangguan 100% adalah 87.66 \angle 58.64 A, dan untuk gangguan hubung singkat 3 fasa titik gangguan 100% adalah 101.23 A.
2. Gangguan kedip tegangan yang paling besar terjadi pada gangguan kedip tegangan fasa-fasa yaitu 20558.15 \angle -22 volt, gangguan ini disebabkan karena adanya gangguan hubung singkat fasa-fasa.

5.2. Saran

1. Perhitungan gangguan arus hubung singkat dapat dianalisa lebih baik lagi dengan menggunakan program atau software.

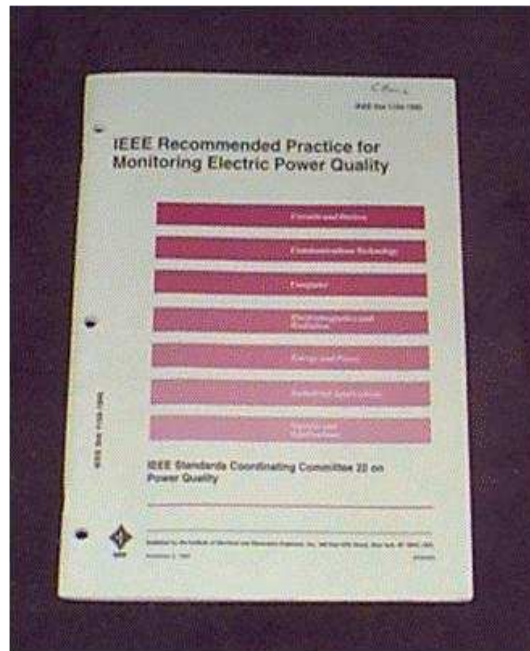
DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Wildan Nasution, Teguh Yuwono, dan Ontoseno Penangsang. 2012 *Pengaruh Kedip Tegangan dan Koordinasi Rele Arus Lebih pada Pabrik Semen*: Jurnal teknik ITS Teknik Elektro. Surabaya.
- [2] A, Satria, Hari. 2005. *Penentuan Lokasi Voltage sag Source Menggunakan Komponen Arus Riil pada Pabrik Semen Tuban III*. Jurnal ITS Teknik Elektro. Surabaya.
- [3] Jemjem Kurnaer Nur Pamudji, Gunawan Sidabaloh *Kedip Tegangan di Sistem Tenaga Listrik Jawa Bali*, makalah workshop kedip tegangan.
- [4] Power Quality Monitoring, Standar IEEE 1159-1995
- [5] Huda, Zulmiftah. 2011. *Analisis Ketidakseimbangan beban akibat gangguan asimetris terhadap kerja rele gangguan tanah di PT.PLN (PERSERO) Gardu induk Sukamerindu*. UNIB, Bengkulu
- [6] Affandi, Irfan. 2009. *Analisa Setting Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah Pada Penyulang Sadewa Di GI Cawang*. UI, Depok
- [7] Moh. Dahlan. *Akibat ketidakseimbangan beban terhadap arus netral dan losses pada transformator*. Fakultas Teknik Universitas Muria Kudus.
- [8] Zuhail. 2000. *Dasar Teknik Tenaga listrik dan Elektronika Daya*. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- [9] Suwanto, Daman. 2009. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Padang
- [10] Ir. Yanuar Hakim, MSc. 2002. *Feeder Protection of Industrial Power Systems*.
- [11] Dwi Sulistyono Handoyo, Abdul Syakur, Agung Warsito, 2005. *Simulasi Tegangan Dip Pada Sistem Distribusi Tegangan Rendah Menggunakan Model EMTP*. Universitas Diponegoro.
- [12] Kadarisman Pribadi, Ir. *Kedip tegangan*. PT. PLN (PERSERO).
- [13] Oktavia Vivi, 2009, *Penentuan Pengaruh Voltage Sag terhadap perencanaan pemasangan Under Voltage Relay di PT.Sinar Harapan Teknik*. Bengkulu.

MATERI KURSUS

POWER QUALITY MONITORING

(STANDAR IEEE 1159-1995)



Disusun Oleh:

MAURITS A. PAATH



PT. PLN (Persero)

PUSAT PENDIDIKAN dan PELATIHAN

Daftar Isi

	Halaman
Introduksi	3
Terminologi	3
Tujuan Monitoring Kualitas Daya	5
Manfaat Monitoring Kualitas Daya	5
Rantai Pengukuran	6
Aplikasi Standar IEEE 1159	8
Laporan Gangguan	8
Setup dan Seleksi Alat Monitor	8
Penempatan Monitor	9
Kesimpulan	12
Studi Kasus (PQ Monitoring - Flicker)	13
Referensi	15

Power Quality Monitoring

Sesuai Standar IEEE 1159

Introduksi

Guna monitoring kualitas daya, IEEE telah memperkenalkan sebuah standar yaitu standar IEEE 1159 (*IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*).

Standar IEEE adalah menggabungkan dengan istilah IEC, standar IEEE 1159 telah berusaha untuk membakukan banyak istilah untuk digunakan dalam mendeskripsikan fenomena listrik dan untuk merekomendasikan cara mengukur dan menginterpretasikan fenomena tersebut.

Fitur Praktik untuk Monitoring Kualitas Tenaga Listrik yang telah disetujui oleh Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) dalam 1159-1995 IEEE standar, yaitu:

- Mendefinisikan fenomena elektromagnetik yang dapat menyebabkan masalah kualitas daya
- Merekomendasikan metode untuk mengukur dan mencatat fenomena tersebut.

Terminologi IEEE 1159

Tujuh fenomena gangguan telah diidentifikasi dalam tabel 1 dimana merupakan gangguan yang sering terjadi dan tidak termasuk gangguan seperti medan elektromagnetik atau interferensi frekuensi radio. Tiga kategori pertama umumnya dianggap fenomena intermiten (sementara/sebentar), sedangkan empat terakhir (ketidakseimbangan, distorsi, fluktuasi dan variasi frekuensi) adalah *steady state* atau gangguan kontinyu.

IEEE 1159 mencoba secara jelas mendefinisikan fenomena elektromagnetik yang dapat menyebabkan masalah kualitas daya.

Berikut terminologi yang didefinisikan oleh IEEE 1159 tentang kualitas daya yang harus dimonitoring, yaitu:

Category	Types	Typical Duration	Common Causes
Transients	Oscillatory, Impulsive	Less than 1 cycle	Lightning, Switching Loads
Short Duration Variations	Sags, Swells, Interruptions	Less than 1 minute	Faults, Motor Starting, Utility Protective Equipment
Long Duration Variations	Undervoltages, Overvoltages, Sustained Interruptions	Over 1 minute	Poor Voltage Regulation, Incorrect Transformer Tap Setting, Overloaded Feeder, Utility Equipment
Voltage Imbalance	—	Steady State	Unbalanced Loads, Equipment Failure
Waveform Distortion	Harmonics, Notching, Noise	Steady State	Electronic Loads
Voltage Fluctuations	—	Steady State	Arcing Loads, Loose Connections
Power Frequency Variations	—	Steady State	Poor Generator Control

Table 1: Summary of IEEE 1159 terms

Beberapa isu-isu spesifik yang penting yang ada dirangkum di bawah ini:

- **Voltage Sags and Swells**

Tegangan dip (*sag*) adalah sebuah penurunan dalam nilai tegangan efektif yang terjadi dalam durasi sampai satu menit. Sesuai istilah di Eropa yang digunakan adalah dip, dan merupakan salah satu istilah yang diterima dan digunakan oleh IEEE 1159. Tegangan *sag* adalah jenis variasi tegangan durasi pendek yang kadang-kadang sulit dibedakan dari gangguan, di mana tegangan efektif menurun sampai nol untuk waktu yang singkat. Beberapa mesin sensitif di fasilitas dapat terpengaruh atau mengalami *shut down* akibat tegangan sags atau bahkan dapat terjadi gangguan lebih parah lagi.

Dampak tegangan *sag* biasanya jauh lebih sulit untuk dipecahkan dari pada interupsi, sehingga sangat penting untuk selalu dimonitor pada sirkuit listrik dengan menggunakan peralatan yang mampu menangkap informasi dalam bentuk gelombang.

Kondisi peningkatan tegangan efektif disebut tegangan *swells*. Peningkatan ini kadang-kadang disebut sebagai *surge*, namun pada sisi lain menjelaskan bahwa *surge* berhubungan dengan kejadian *shorter-duration* sehingga tidak tepat digunakan sebagai sinonim untuk *swell*. Jadi Kebalikan dari *sag* adalah *swell* bukan *surge*.

- **Transients**

Meskipun standar IEEE 1159 telah berhasil menentukan terminologi tentang monitoring kualitas daya namun masih ada beberapa diskusi di komunitas kualitas daya tentang istilah *transient* dan *surge*. Standar IEEE 1159 menyatakan bahwa pemilihan istilah adalah untuk menjelaskan perubahan mendadak (*sudden change*) dalam kondisi *steady state* tegangan atau arus adalah *transient*. Bagaimanapun ini menunjukkan bahwa *surge* merupakan istilah sinonim apabila menggunakan kamus IEEE, kata *transient* untuk mendefinisikan *surge*.

Disisi lain ada komunitas IEEE yang dilibatkan dalam diskusi tentang *surge* dan *transient*, yaitu komite yang terkait dengan perjanjian Standar IEEE C62 mengenai *surge protective devices*, walaupun demikian istilah *transient voltage surge suppression* ada sedang dihapus secara bertahap.

- **Brownout Versus Undervoltage**

Istilah lain yang sering digunakan adalah *brownout*. *Brownout* telah digunakan secara luas untuk menggambarkan periode pengaturan berkelanjutan terhadap tegangan yang kadang-kadang diawali dari utilitas pengirim sebagai strategi spesifik untuk mengurangi pengiriman/penyaluran daya.

Sesuai standar IEEE 1159, *undervoltage* adalah istilah ilmiah yang menggambarkan sebuah *brownout*. *Undervoltage* ditetapkan sebagai penurunan tegangan efektif untuk kurang dari 90% untuk lebih dari satu menit.

When you say...	You probably mean...
blackout	sustained interruption
brownout	undervoltage
dirty power	electromagnetic phenomena
glitch	transient
outage	sustained interruption
spike	transient
surge	swell
blink	sag

Tujuan Monitoring Kualitas Daya

Tujuan monitoring sesuai standar IEEE 1159-1995 adalah:

1. Untuk mengarahkan pengguna memiliki monitoring yang tepat dan interpretasi data fenomena elektromagnetik yang menyebabkan masalah kualitas daya.
2. Mendefinisikan untuk memfasilitasi komunikasi dalam komunitas kualitas daya.
3. Membentuk kesepakatan pendapat untuk memilih metode yang aman dan dapat diterima untuk melakukan monitoring dan menginterpretasikan hasil-hasilnya.
4. Tutorial pada gangguan sistem tenaga dan penyebab gangguan yang umum terjadi.

Didalam tulisan Mark McGranaghan, Dan Sabin dari Electrotek Concept serta Ashok Sundaram dari Electric Power Research Institute berjudul *A Systems Approach to Power Quality Monitoring for Performance Assesment* juga menjelaskan tentang tujuan monitoring kualitas daya, yaitu:

1. Monitoring untuk menggolongkan kinerja sistem (*Monitoring to characterize system performance*).
2. Monitoring menggolongkan masalah-masalah tertentu (*Monitoring to characterize specific problem*).
3. Monitoring sebagai bagian perbaikan peningkatan layanan kualitas daya (*Monitoring as part of an enhanced power quality service*).
4. Monitoring sebagai bagian dari pemeliharaan prediktif atau pemeliharaan pada waktu tertentu (*Monitoring as part of predictive or just-in-time maintenance*).

Manfaat Monitoring Kualitas Daya

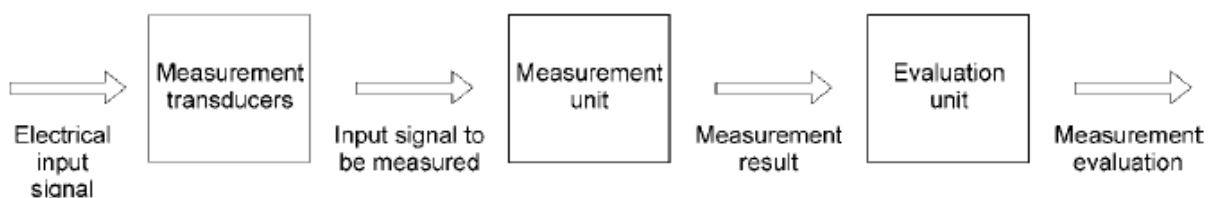
Ada beberapa alasan untuk memonitoring kualitas daya. Alasan yang paling penting adalah dampak terhadap masalah ekonomi dimana akibat kerusakan yang dihasilkan oleh fenomena elektromagnetik dalam proses beban kritis. Efek pada peralatan dan proses operasi termasuk malfungsi peralatan, kerusakan, gangguan proses dan anomali lainnya. Monitoring memerlukan investasi untuk peralatan, waktu dan pendidikan.

Monitoring merupakan alat analisis penting yang digunakan untuk meningkatkan ketersediaan daya. Modal investasi dalam monitoring dapat dijustifikasi oleh karena meningkatkan ketersediaan monitoring yaitu pencegahan dan pemeliharaan prediktif, menentukan kebutuhan untuk peralatan mitigasi, memastikan peralatan kerja dengan baik, sensitivitas peralatan dalam proses mengetahui dan menilai gangguan.

Monitoring juga dapat membantu mengidentifikasi masalah kualitas daya dan meminimalkan kerugian dalam proses produksi dan meningkatkan produktivitas pabrik. Monitoring merupakan komponen penting dari proses layanan pelanggan untuk bisnisnya.

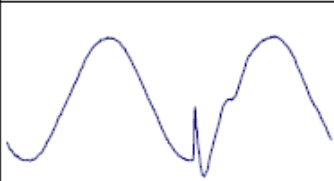
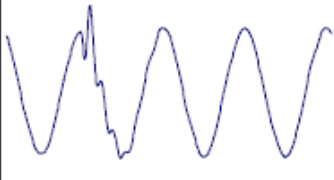



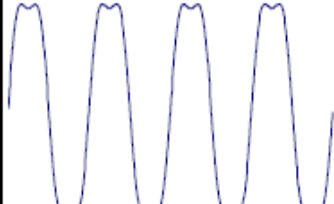
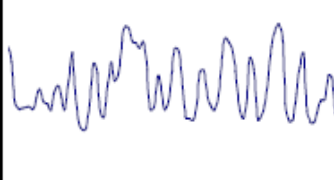
Rantai Pengukuran

Rantai pengukuran dinyatakan oleh IEC 61000-4-30 ditunjukkan pada Figur 1. Ada tiga elemen pengukuran kualitas daya, yaitu transduser pengukuran, unit pengukuran dan unit evaluasi.



Figur 1. Rantai Pengukuran

Sementara beberapa variasi kualitas daya yang harus dimonitoring adalah:

Example Waveshape or RMS variation	Power Quality Variation and Category	Method of Characterizing	Typical Causes	Example Power Conditioning Solutions
	Impulsive Transients Transient Disturbance	<ul style="list-style-type: none"> • Peak magnitude • Rise time • Duration 	<ul style="list-style-type: none"> • Lightning • Electro-Static Discharge • Load Switching • Capacitor Switching 	<ul style="list-style-type: none"> • Surge Arresters • Filters • Isolation Transformers
	Oscillatory Transients Transient Disturbance	<ul style="list-style-type: none"> • Waveforms • Peak Magnitude • Frequency Components 	<ul style="list-style-type: none"> • Line/Cable Switching • Capacitor Switching • Load Switching 	<ul style="list-style-type: none"> • Surge Arresters • Filters • Isolation Transformers
	Sags/Swells RMS Disturbance	<ul style="list-style-type: none"> • RMS versus time • Magnitude • Duration 	<ul style="list-style-type: none"> • Remote System • Faults 	<ul style="list-style-type: none"> • Ferroresonant Transformers • Energy Storage Technologies • UPS
	Interruptions RMS Disturbance	<ul style="list-style-type: none"> • Duration 	<ul style="list-style-type: none"> • System Protection • Breakers • Fuses • Maintenance 	<ul style="list-style-type: none"> • Energy Storage Technologies • UPS • Backup Generators
	Undervoltages/ Overvoltages Steady-State Variation	<ul style="list-style-type: none"> • RMS versus Time • Statistics 	<ul style="list-style-type: none"> • Motor Starting • Load Variations • Load Dropping 	<ul style="list-style-type: none"> • Voltage Regulators • Ferroresonant Transformers
	Harmonic Distortion Steady-State Variation	<ul style="list-style-type: none"> • Harmonic Spectrum • Total Harmonic Distortion • Statistics 	<ul style="list-style-type: none"> • Nonlinear Loads • System Resonance 	<ul style="list-style-type: none"> • Active or Passive Filters • Transformers with cancellation or zero sequence components
	Voltage Flicker Steady-State Variation	<ul style="list-style-type: none"> • Variation Magnitude • Frequency of Occurrence • Modulation Frequency 	<ul style="list-style-type: none"> • Intermittent Loads • Motor Starting • Arc Furnaces 	<ul style="list-style-type: none"> • Static Var Systems

Tabel 2. Variasi Kualitas Daya

Didalam menyusun tabel variasi kualitas daya, anggota IEEE mencoba untuk menggabungkan terminologi dari Amerika Serikat dan Komunitas Eropa. *International Electrotechnical Commission*

(IEC) adalah setara Eropa dari organisasi IEEE. Tabel 1 tentang terminologi kualitas daya merupakan pengaruh dari kedua organisasi tersebut.

IEEE 1159 Komite mengakui betapa pentingnya menggunakan istilah umum di masyarakat internasional. Pada fitur paktis juga merangkum monitoring kualitas daya listrik berdasarkan pengalaman para insinyur yang bekerja pada kelompok kerja IEEE 1159. Ini menawarkan saran untuk monitoring, pengumpulan data dan interpretasi serta menyediakan referensi kepustakaan yang ekstensif tentang kualitas daya.

Aplikasi Standar IEEE 1159

Standar IEEE 1159 merupakan rangkuman dari beberapa tahun pengalaman yang telah dilakukan guna monitoring kualitas daya. Diketahui beberapa kejadian fenomena elektromagnetik memang sulit untuk diukur, namun solusi terhadap masalah yang masih membingungkan tersebut dapat menjadi jelas jika memiliki kemampuan monitoring yang berhasil. Dokumen monitoring juga menyajikan rekomendasi yang dapat menjamin bahwa kesulitan fenomena itu dapat untuk dianalisis.

Laporan Gangguan

Laporan gangguan merupakan data penting yang dipakai dalam memecahkan masalah kualitas daya. Analisa gangguan dapat merangkum ratusan fenomena elektromagnetik per jam yang mana sebagian besar adalah beban listrik. Hal ini penting, karena itu, bahwa seseorang yang ditunjuk dengan tugas monitoring harus dapat merekam (*logging*) seluruh masalah yang terjadi dengan peralatan yang dimiliki. Hasil rekaman ini kemudian dapat dibandingkan dengan fenomena elektromagnetik yang diukur untuk menentukan kemungkinan fenomena ini merupakan penyebab kerusakan peralatan.

Petugas monitoring harus didorong untuk merekam informasi sebanyak mungkin, namun perlu diingat bahwa hanya pada waktu setelah terjadi kerusakan peralatan atau kondisi pembangkit atau pabrik yang sering mengalami *shutdown*. Hal demikian sangat membantu petugas untuk menyediakan bentuk salinan gangguan yang telah direkam termasuk berisi daftar peralatan yang sensitif, termasuk memiliki ruang untuk merekam kondisi cuaca (badai, angin ribut dan kondisi hari yang cerah) serta hal yang menyangkut kerugian produksi dan informasi yang dibutuhkan lainnya.

Setup dan Seleksi Alat Monitor

Sukses pengukuran fenomena elektro-magnetik dimulai dengan menggunakan alat monitoring yang tepat. Alat monitor harus mampu mengukur tegangan atau besaran arus yang cenderung menyebabkan gangguan peralatan. Kebanyakan perangkat monitoring memanfaatkan teknologi digital elektronik dan tingkat sampling kecepatan tinggi. Fitur ini diperlukan karena untuk merekam kejadian yang sering terjadi kurang dari satu siklus, atau 0,016 detik sehingga dapat mengganggu kerja beban-beban sensitif. Monitoring kualitas daya juga memiliki berbagai metode keluaran yang di lapor. Beberapa mencetak informasi gangguan di atas kertas, sementara yang lain menyimpan kegiatan untuk disket atau didalam memori *on-board*. Peristiwa gangguan yang tercatat pada disket dapat disalin dan disisipkan ke program pengolah *word* atau grafis guna memfasilitasi penulisan laporan.

Apapun jenis monitor yang digunakan harus diprogram dengan benar sehingga semua fenomena elektro-magnetik telah dicatat tanpa pengecualian, yaitu, gangguan yang telah dicatat yaitu pada saat ambang batas yang dipilih terlampaui, termasuk dengan pemrograman yang tepat juga memastikan bahwa fenomena yang menyebabkan *shutdown* peralatan merupakan gangguan yang melebihi ambang pemrograman.

Beberapa persyaratan peralatan yang harus dimiliki guna monitoring jenis variasi gangguan kualitas daya meliputi:

Concern	Instrument/Software Measurement and Control	Instrument/Software Analysis and Display
Harmonic Levels	<ul style="list-style-type: none"> voltage and current three-phase single-phase acceptable for balanced three-phase loads waveform sampling configurable periodicity synchronized sampling 	<ul style="list-style-type: none"> FFT capability trending waveform and spectral plots
Long Term Voltage Variations	<ul style="list-style-type: none"> three-phase voltage rms sampling configurable periodicity 	<ul style="list-style-type: none"> trending magnitude versus duration plots
Short Term Voltage Variations, Interruptions	<ul style="list-style-type: none"> three-phase voltage rms sampling configurable threshold level one cycle rms resolution 	<ul style="list-style-type: none"> magnitude versus duration plots
Low Frequency Transients	<ul style="list-style-type: none"> three-phase voltage and current Waveform sampling frequency response ≥ 5 kHz configurable threshold level 	<ul style="list-style-type: none"> waveform plots showing pre-event and recovery
High Frequency Transients	<ul style="list-style-type: none"> three-phase voltage & current frequency response ≥ 1 MHz impulse peak and width detection configurable threshold level 	<ul style="list-style-type: none"> waveform plots showing position of impulse on power frequency sinusoid

Tabel 3. Instrumen/software pengukuran dan analisis

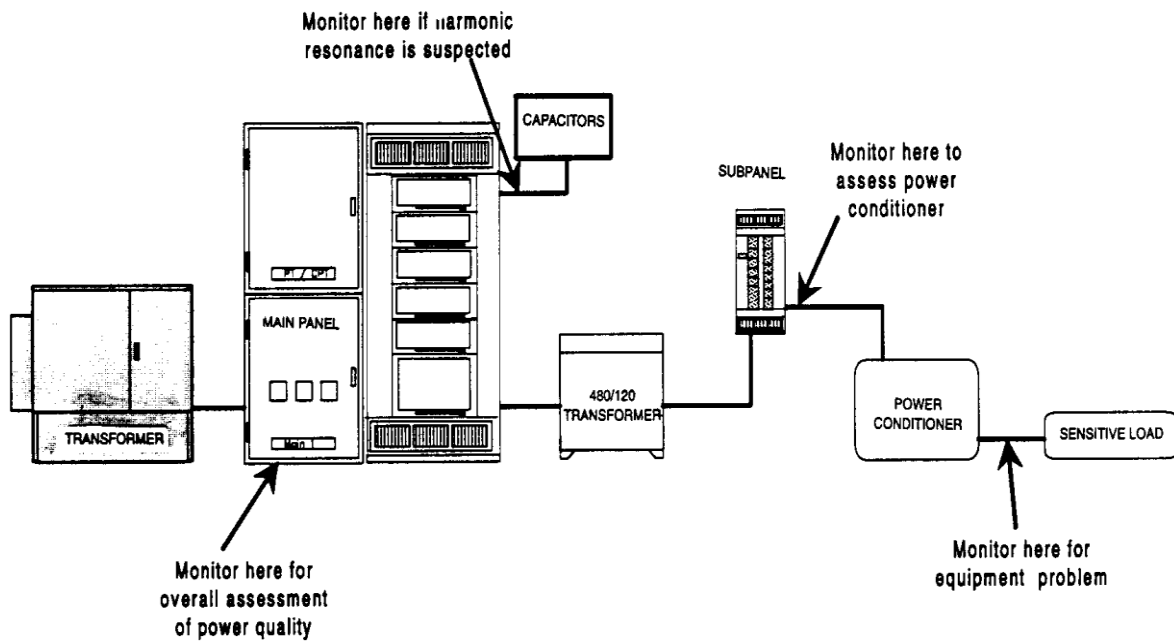
Penempatan Alat Monitor

Untuk menganalisa maka peralatan monitoring harus terhubung ke sistem distribusi listrik pada titik di mana fenomena elektromagnetik atau titik gangguan yang dapat diukur. Tempatnya mulai dari sisi mesin pembangkit pemasok listrik ke sirkuit listrik yang dapat menimbulkan masalah kualitas daya. Selanjutnya yang perlu diperhatikan dan sangat berguna yaitu menghubungkan monitor dalam konfigurasi yang sama, misalnya dengan beban yang terkena dampak selama gangguan fasa -fasa dan selama gangguan untuk beban tiga fasa tiga kawat.

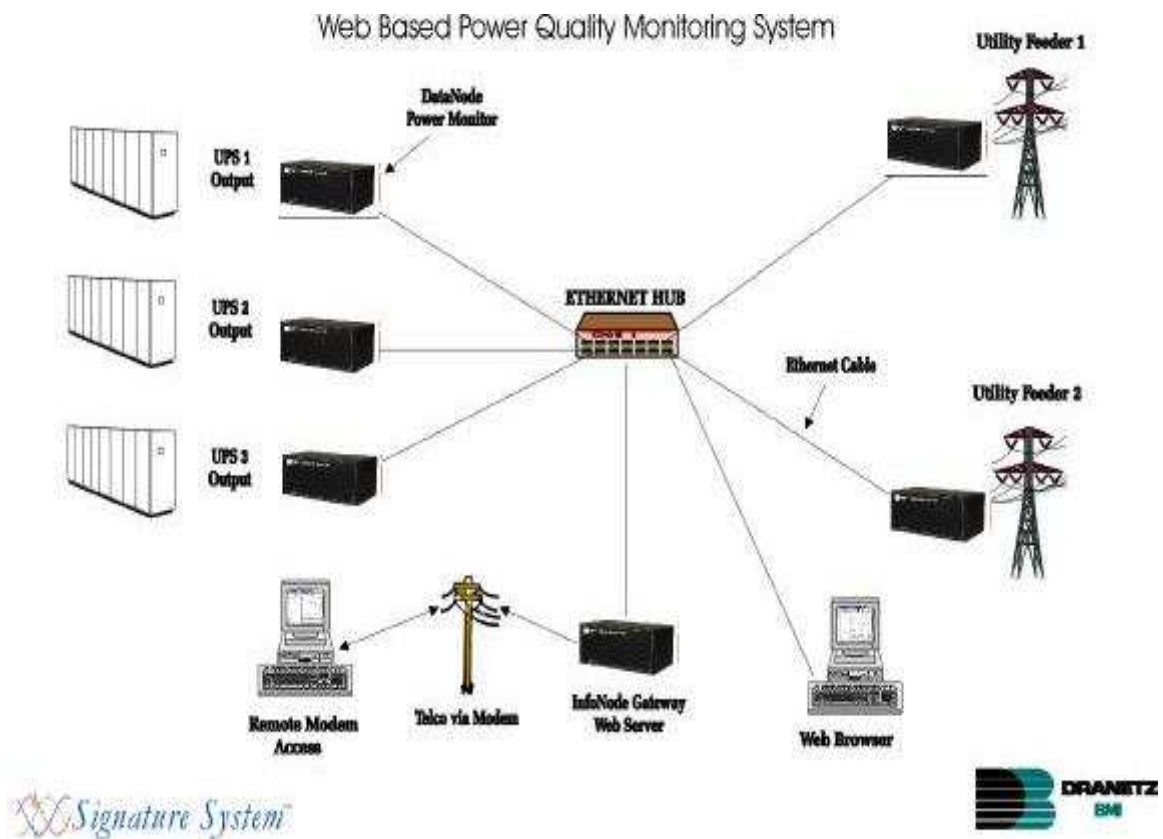
Lokasi monitoring yang populer adalah pada jaringan masuk layanan. Lokasi ini kadang-kadang dipilih karena petugas ingin tahu apakah fenomena elektromagnetik dihasilkan dari internal bangunan atau terjadi pada sistem penyediaan/utilitas.

Dalam prakteknya, sulit untuk menentukan sumber gangguan hanya dengan memilih pemantauan lokasi tertentu, terutama jika lokasi metering/parameter bersifat sementara. Metode terbaik adalah dengan menginstal secara permanen meter di lokasi-lokasi kunci didalam fasilitas pabrik dan selanjutnya dihubungkan pada jaringan komunikasi dengan menggunakan perangkat lunak yang dapat berintegrasi dengan semua perangkat sehingga dapat terdeteksi melalui alarm jika melebihi toleransi yang ditentukan.

Berikut beberapa konfigurasi yang direkomendasi dalam memonitoring gangguan, yaitu:



Figur 2. Konfigurasi monitoring menurut IEEE 1159



Figur 3. Power Quality Monitoring Systems berbasis web

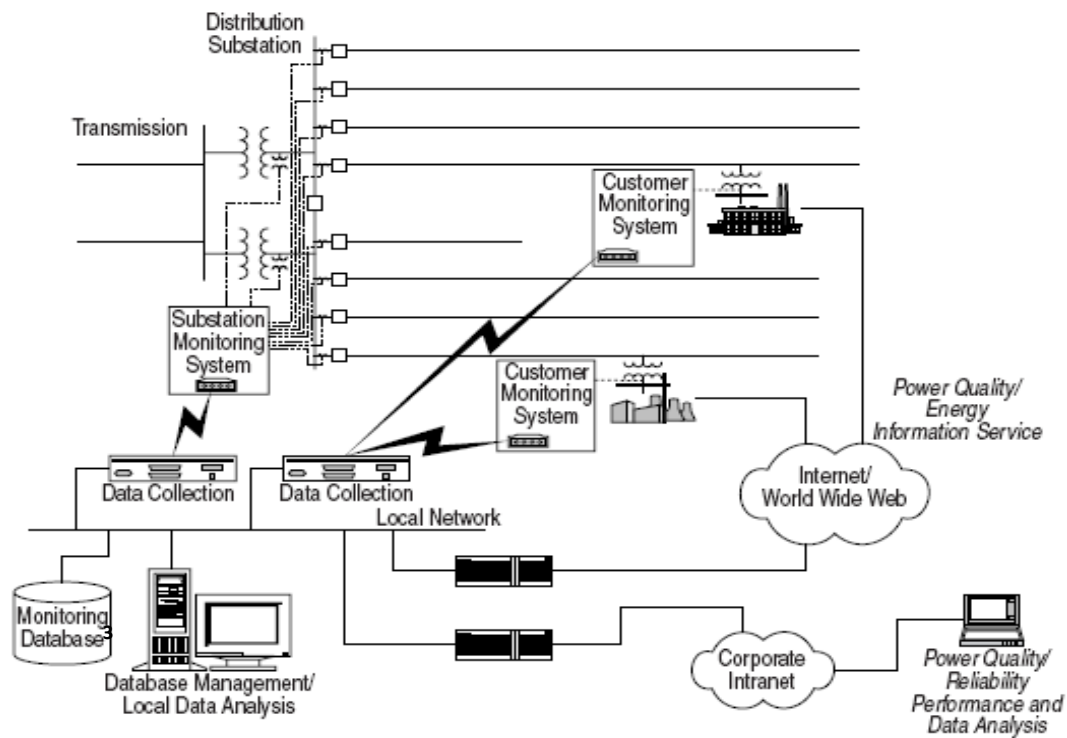


Figure 4 Illustration of system power quality monitoring concept with monitoring at the substation and selected customer locations.

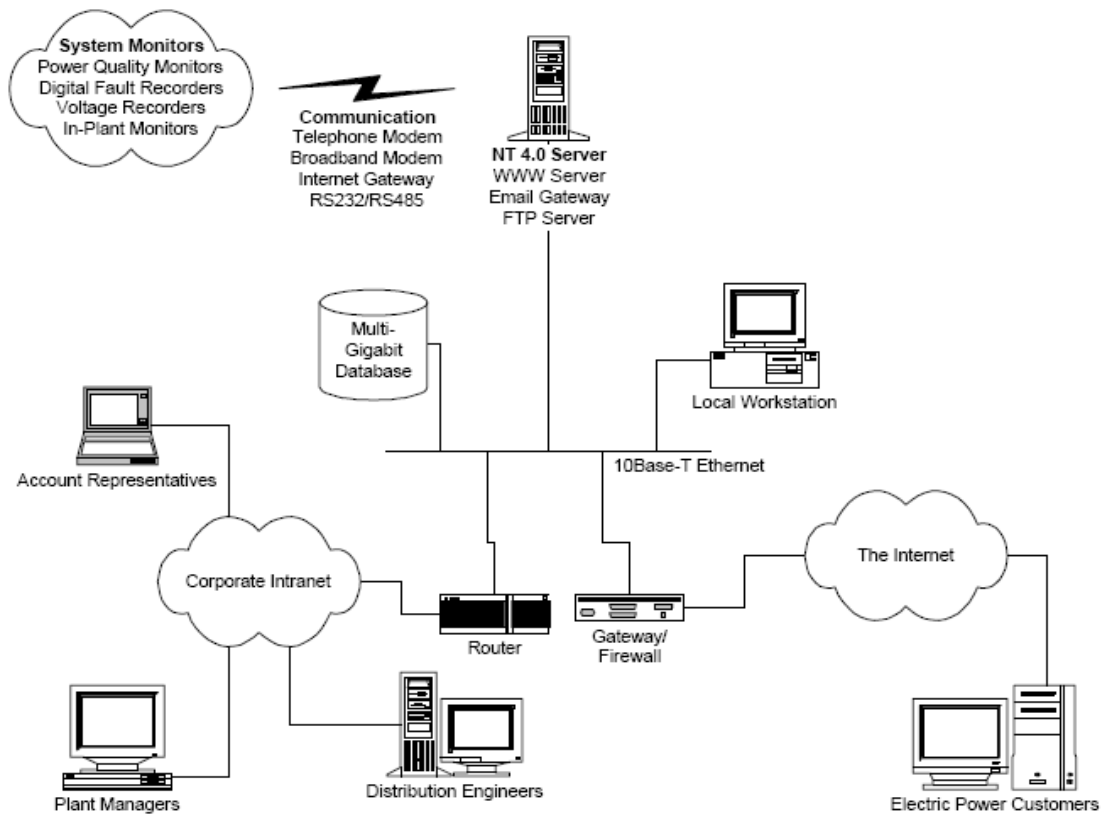
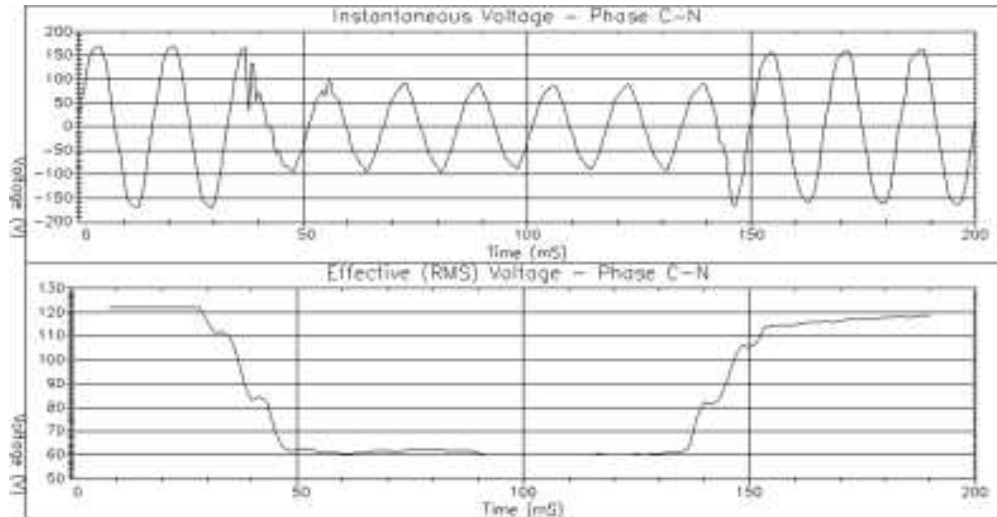


Figure 5 : Advanced Configuration for a Power Quality Monitoring System

Salah satu jenis gangguan yang menghasilkan fenomena elektromagnetik dan konsisten pada setiap kejadian, seperti dip tegangan yang disebabkan oleh gangguan pada sistem utilitas transmisi berlangsung enam siklus. Ini adalah kesalahan normal dalam penginderaan dan waktu kliring untuk pemutus sirkuit sistem transmisi. Sedangkan pada gangguan sistem distribusi biasanya menyebabkan dip tegangan atau interupsi berlangsung hingga satu detik atau lebih.



Figur 6. Gangguan dip tegangan

Kesimpulan

Anggota kelompok kerja IEEE membutuhkan konsistensi antara para pakar kualitas daya, vendor dan pelanggan secara bersama-sama dalam menulis standar IEEE 1159. Dokumen ini menetapkan istilah kualitas daya, dan menjelaskan teknik untuk memantau kualitas daya listrik yang benar.

Penggunaan standar IEEE 1159 dapat meningkatkan pemahaman kita tentang masalah kualitas daya secara kompleks. Pengoperasian monitoring dengan peralatan elektronik yang sensitif saat ini dapat digunakan bahkan dapat ditingkatkan secara dramatis dengan mengidentifikasi dan memperbaiki anomali daya sistem. Standar IEEE 1159 adalah sebuah bagian yang terpenting dari sebuah tujuan yang berharga dalam sistem monitoring kualitas daya.

Studi Kasus Monitoring Power Quality

Monitoring a case of flicker

Problem statement:

Lighting flicker was detected in a factory and consumers on the same feeder also experienced similar problems in their installation.

Monitoring objective:

To determine the source of the flicker in order to adopt a solution.

Preparing the survey:

An interview with those responsible for maintenance and an inspection of the site were carried out. As the factory had installed various motors of high power, which are used as mills with high altering mechanical loads, it was agreed to monitor the motors in order to find the source of the flicker.

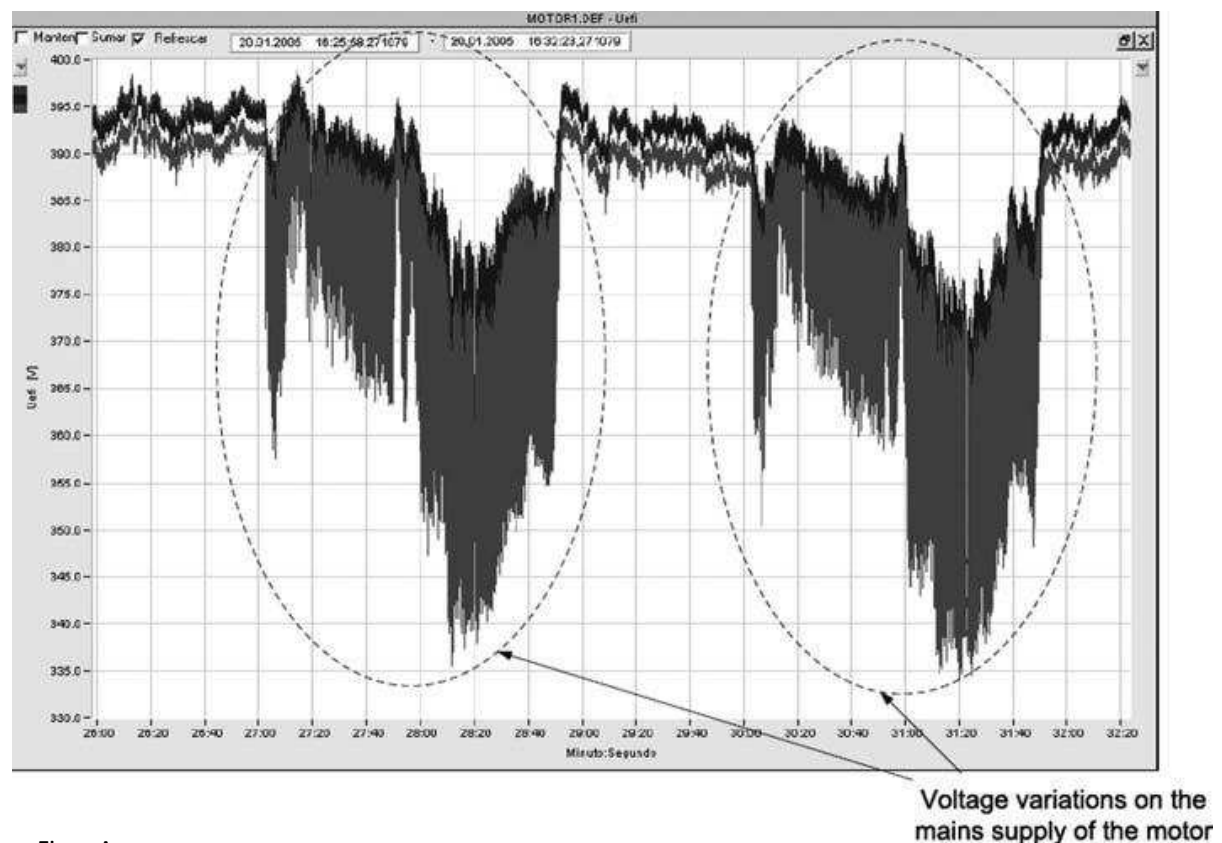
Monitoring selection and monitored parameters:

The power quality monitor was selected by the following criteria: portable monitor with eight channels (four current and four voltage channels). IEC 61000-4-30 class B was sufficient for the present case.

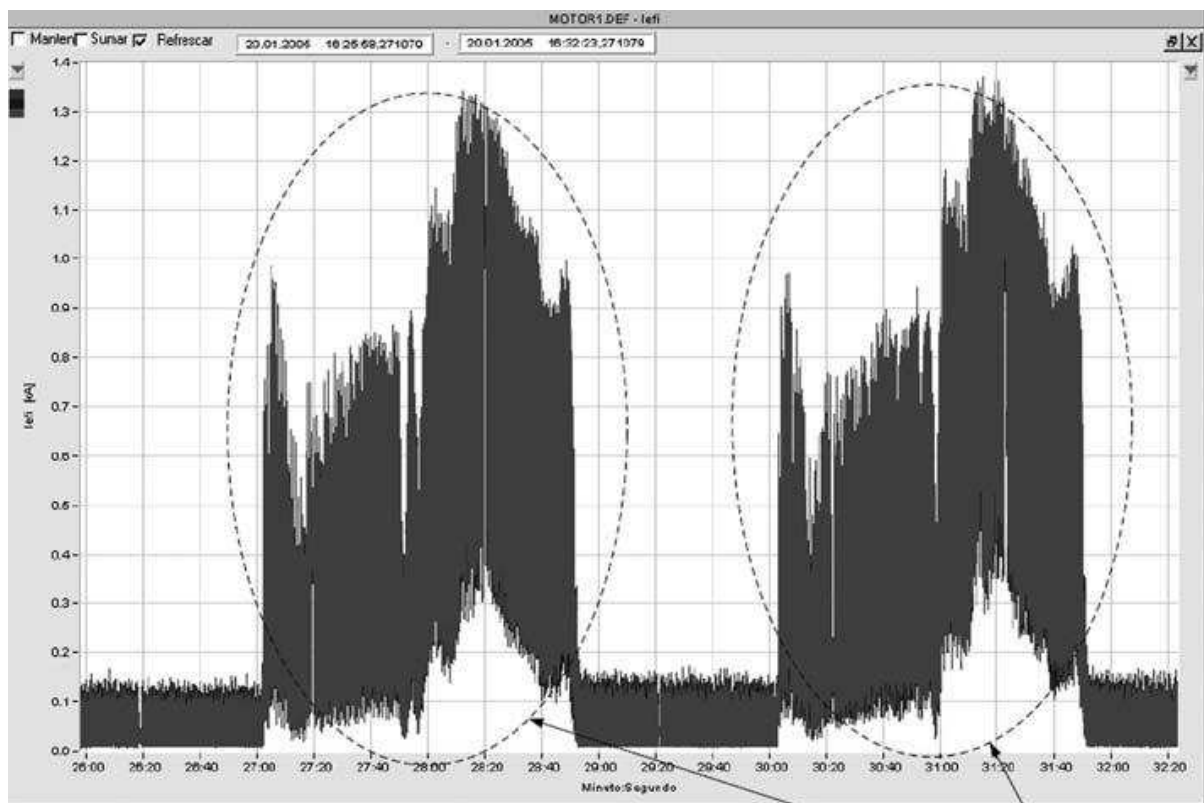
It was supposed that the voltage fluctuation was caused by a voltage drop when the mills are getting into service. Therefore, voltages and currents of the three phases were measured.

Monitor installation and measurements:

The monitor was installed at the mains of several motors for a period of one working day.

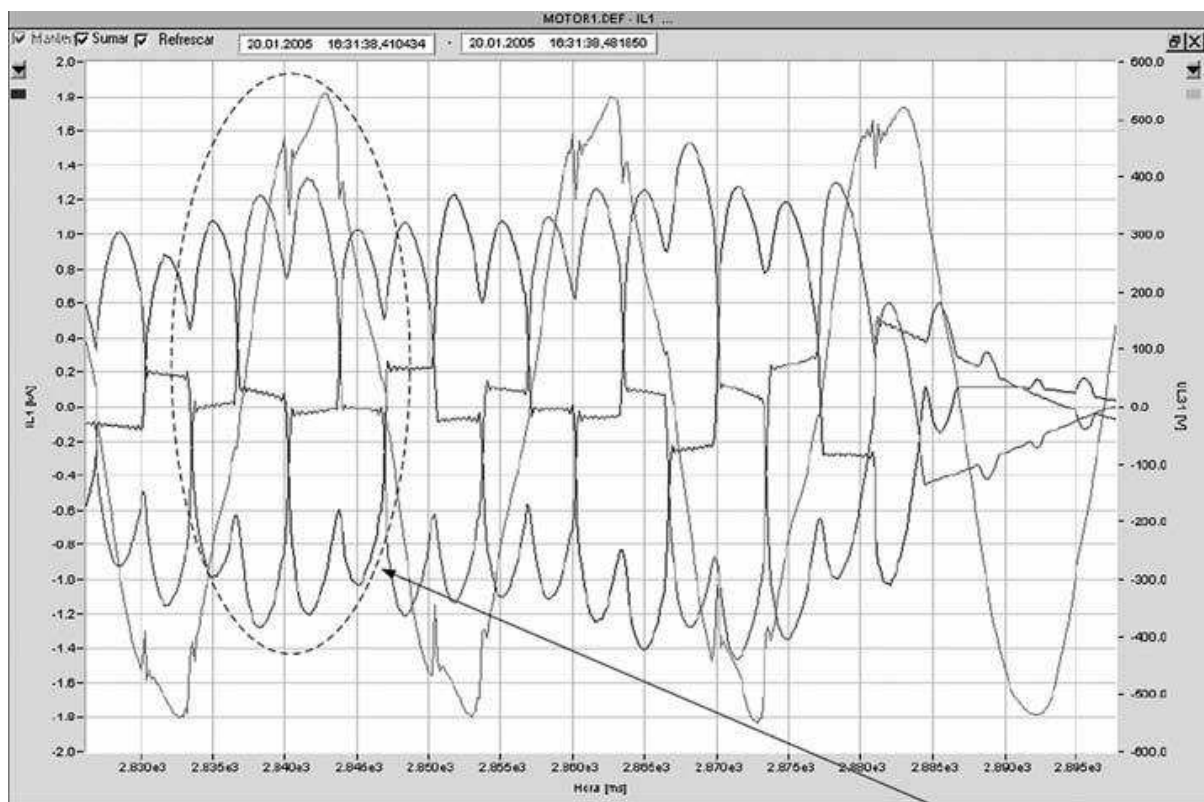


Figur A.



Figur B.

Current variations on the
mains supply of the motor



Figur C.

Notching of the rectifier
provokes high current

Analysis of the results:

At one of the mains of a d.c. rectifier for a 600 kW motor, voltage variations were detected (Figure A and Figure B). Two causes of the problem were identified: firstly a malfunction of the control of the rectifier; and secondly notching of the current due to the lack of dead time between the thyristor commutations (Figure C).

Solution adopted:

Redesign of the control of the rectifier.

Referensi

1. IEEE std 1159-1995, *"IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality"*, IEEE Standards Board, June 14, 1995
2. Alexander Kusko, Sc.D., P.E, Marc T.Thompson, Ph.D., *"Power Quality in Electrical System"*, McGraw Hill Companies, 2007
3. Roger C. Dugan, Mark F. McGranaghan, Surya Santoso, H. Wayne Beaty, *"Electrical Power Systems Quality"*, Second Edition, Hill Companies, 2004
4. Angelo Bagгинi, *"Handbook of Power Quality"*, John Wiley & Sons Ltd, 2008
5. C. Sankaran, *"Power Quality"*, CRC Press LLC, 2002
6. Schneider Electric, *"Power Quality Monitoring Described in IEEE 1159"*, Electrical Distribution Solution, Industry-Building
7. Ross Ignall, Mark McGranaghan, Mark Figor, *"Power Quality Monitoring for High Reliability Systems"*